

The background of the slide is a microscopic view of several red blood cells. The cells are biconcave discs, appearing as reddish-brown, slightly flattened spheres with a darker center. They are scattered across the frame, with some in sharp focus and others blurred in the background. The overall color palette is dominated by shades of red and brown.

Физиология системы крови

Кафедра нормальной физиологии ДГМУ

доцент А.Х. Измайлова

План лекции

1. Представление о «системе крови»
2. Количество, состав и функции крови
3. Состав плазмы. Роль белков плазмы
4. Характеристика форменных элементов
5. Свертывание крови. Система РАСК
6. Групповые свойства крови. Правила переливания крови

Понятие «система крови» введено отечественным ученым Лангом в 1938 г.

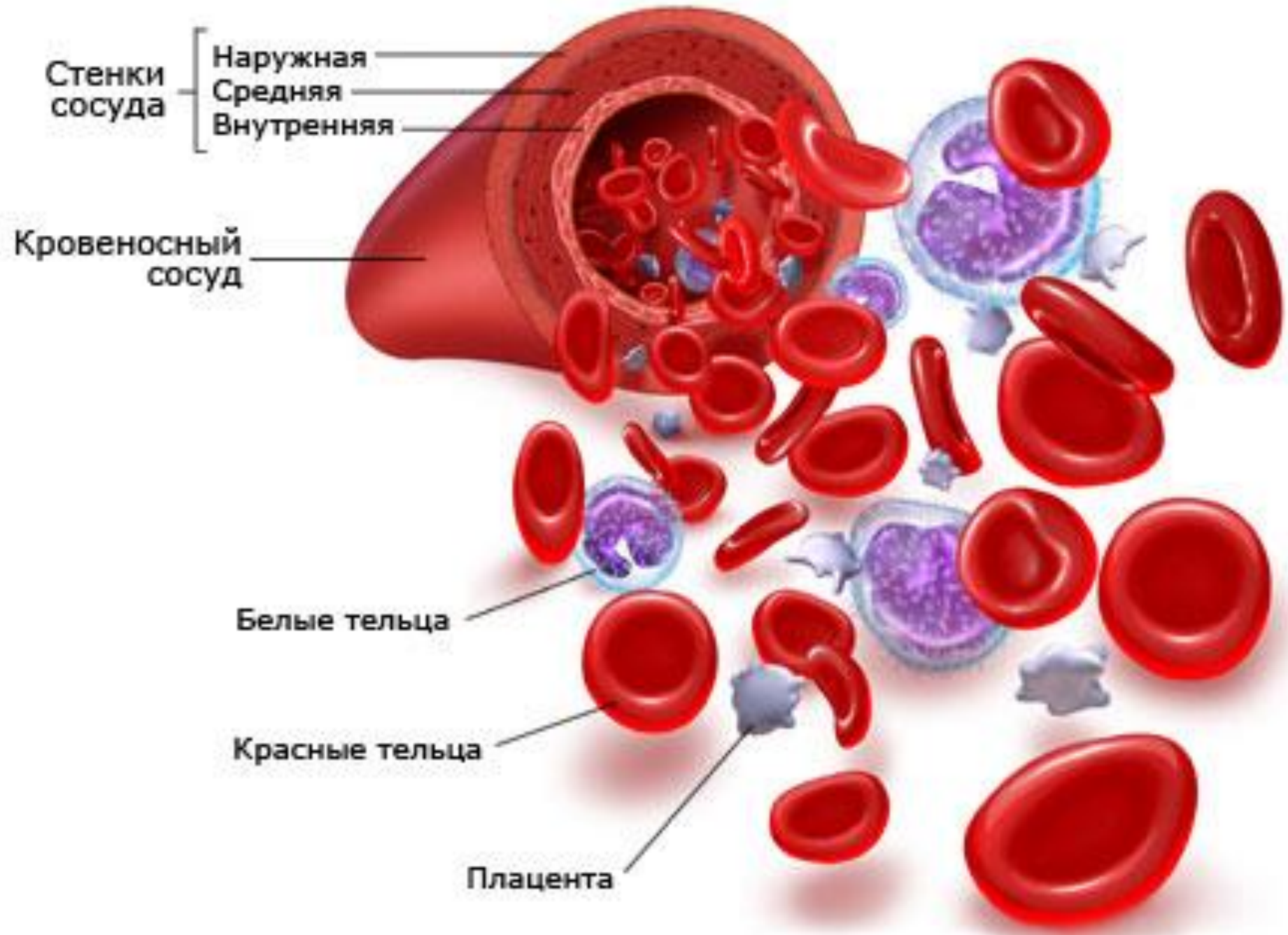
Система крови включает:

1. Кровь, циркулирующую по кровеносным сосудам и депонированную в органах депо (печень, селезенка, легкие, подкожное сосудистое сплетение)
2. Органы кроветворения (костный мозг, тимус, селезенка, лимфоузлы)
3. Органы кроворазрушения (печень, костный мозг, селезенка)
4. Нейрогуморальный аппарат регуляции системы крови

Количество крови

- Среднее количество крови в теле взрослого человека 5-9 % от общей массы (4,5-6 л).
- До 50% всей массы крови находится в кровяных депо (селезенка, печень, легкие, подкожное сосудистое сплетение).





Состав крови

- Кровь состоит из плазмы (жидкой части) и форменных элементов (эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов).
- Важный показатель - это соотношение ФЭ и плазмы в % - так называемый гематокритный показатель.
- В норме он составляет: ФЭ - 40-45%, плазмы - 55 - 60%.

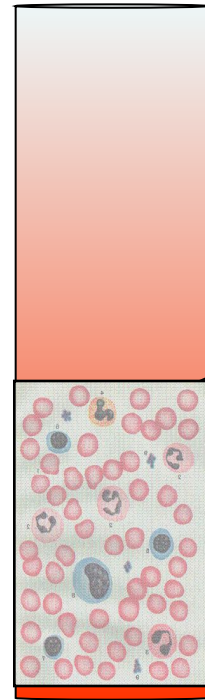
Гематокритный показатель

Плазма крови

55 - 60 %

*Форменные
элементы
крови*

40 – 45 %



Функции крови

✓ 1. **Транспортная** (перенос кровью различных веществ), она включает следующие функции:

а) дыхательная (транспорт газов O_2 и CO_2)

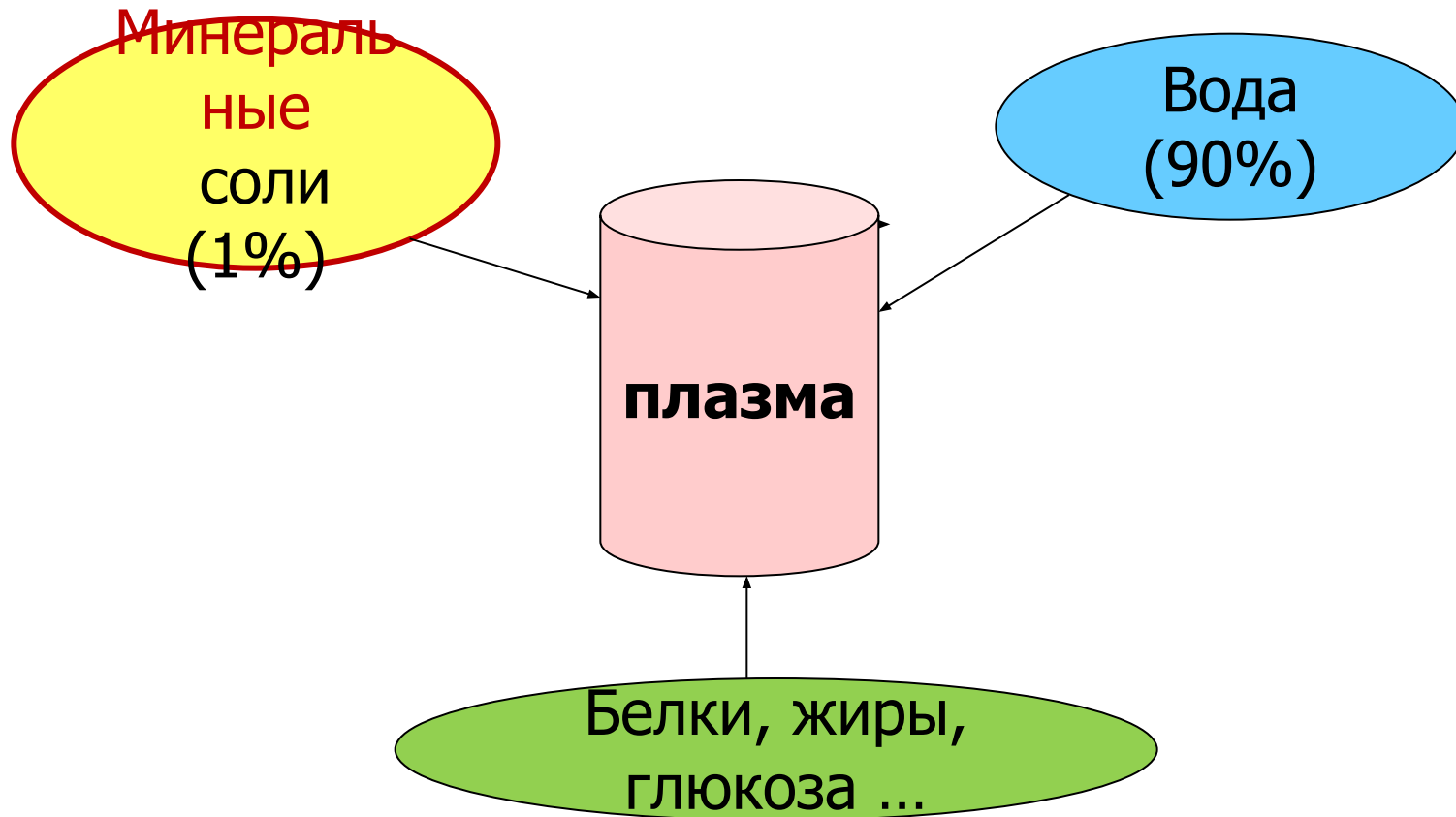
б) питательная (транспорт питательных веществ)

в) выделительная (доставка к органам выделительной системы конечных продуктов обмена веществ)

г) участие в гуморальной регуляции (транспорт биологически активных веществ)

✓ 2. **Защитная** (фагоцитоз, выработка антител, антитоксинов и др.)

Плазма крови



Состав плазмы крови

- **Плазма** – жидкая часть крови. Она состоит из 90% воды и 10% сухого остатка;
- В сухом остатке 9% составляют органические вещества, 1% – неорганические вещества.
- **Органические компоненты** – белки, азотсодержащие вещества (аминокислоты, продукты обмена белка), безазотистые вещества (глюкоза, липиды), биологически активные вещества (ферменты, витамины, гормоны).
- **Неорганические вещества** – катионы натрия, калия, магния, цинка, кальция, железа, меди; анионы хлора, фосфорной кислоты, угольной кислоты, серной кислоты.

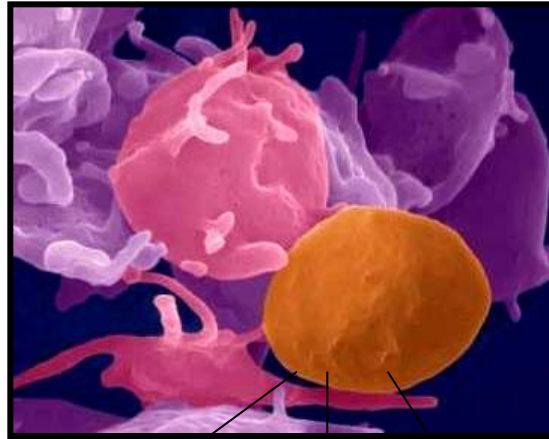


Белки плазмы и их функции

- Содержание белков в плазме - 67-75г/л.
- Выделяют 3 фракции белков:
 - ✓ альбумины (37-41г/л),
 - ✓ глобулины (30-34г/л),
 - ✓ фибриноген (3,0-3,3г/л).

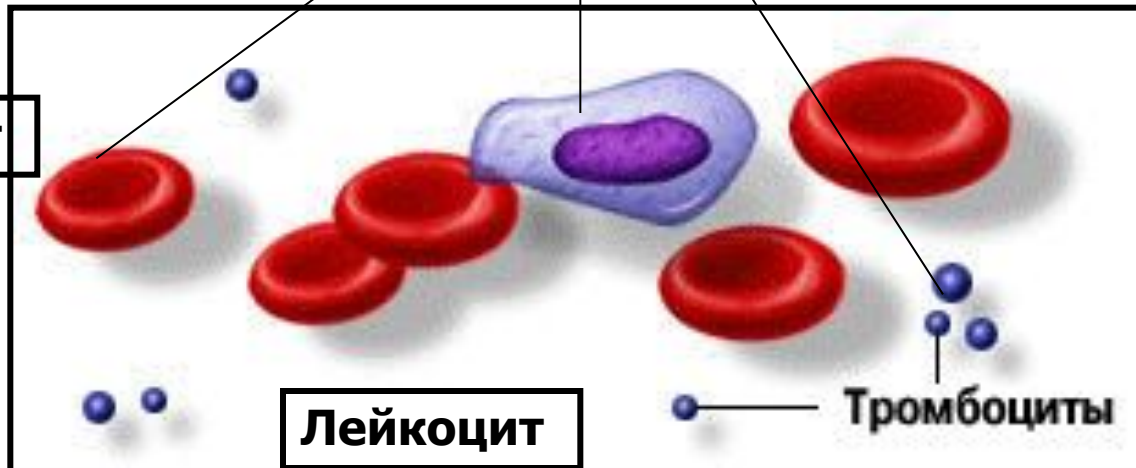
- Функции белков: а) транспорт веществ (гормонов, лекарств) б) поддержание коллоидно-осмотического давления и вязкости крови в) защитная (образование иммунных антител) г) участие в свёртывании крови д) регуляция кислотно-щелочного равновесия (рН).

Форменные элементы крови (клетки)



Стволовая клетка
крови

Эритроцит



Лейкоцит

Тромбоциты

Характеристика эритроцитов



Количество - $4,5$ до $5,5 \times 10^{12}$ /л у мужчин;
 $3,7$ до $4,7 \times 10^{12}$ в 1 л у женщин.

Строение - зрелые клетки лишены ядра.
Содержимое представлено
дыхательным пигментом
гемоглобином.

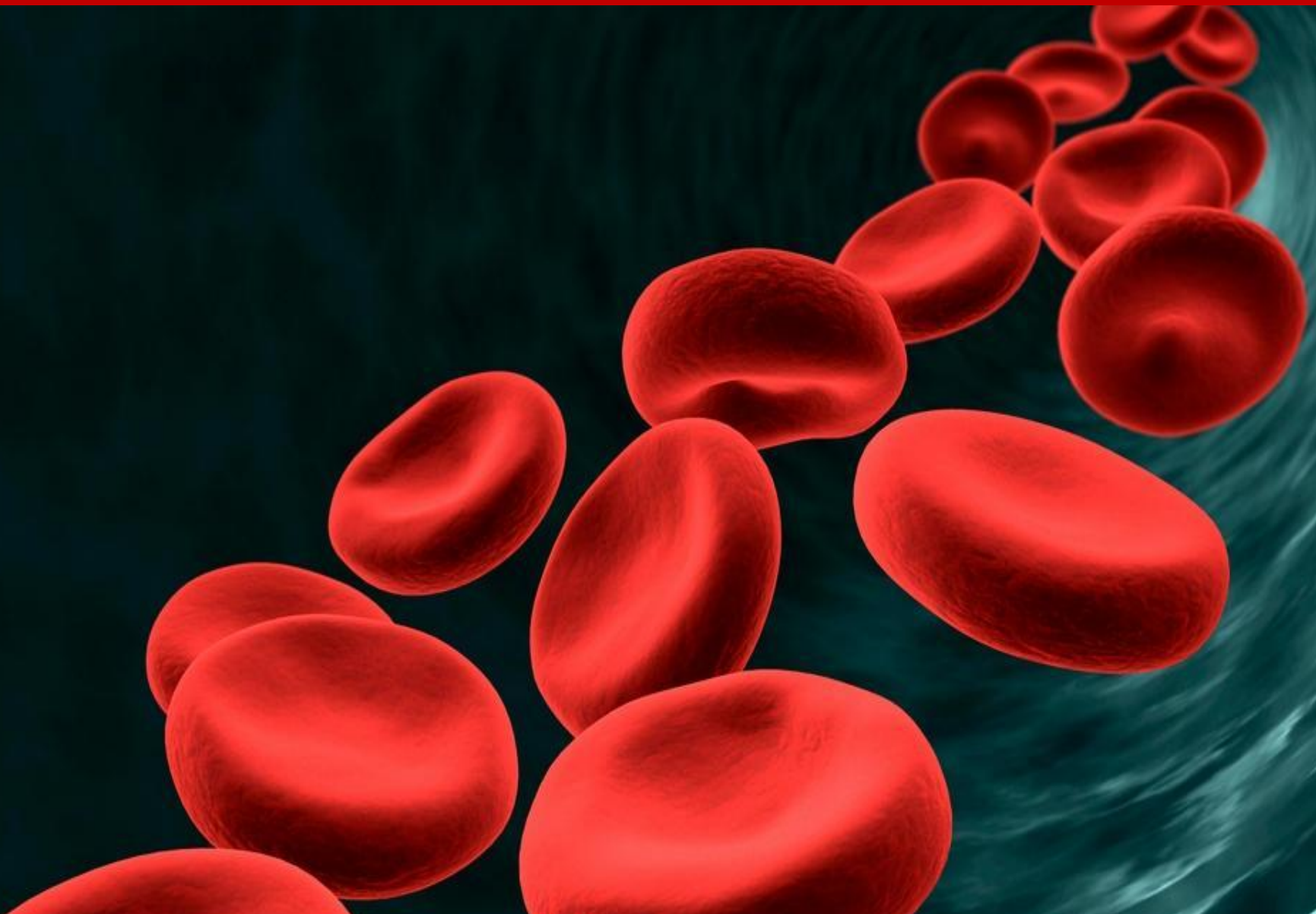
Образуются эритроциты в красном костном мозге.

Разрушаются в печени и селезёнке.

Срок жизни - 120 дней

Функции - **1.** транспорт O_2 в ткани и CO_2 в легкие; **2.** обеспечивают регенерацию тканей за счет доставки к ним аминокислот, пептидов, нуклеотидов; **3.** адсорбируют токсические вещества и инактивируют их; **4.** участвуют в регуляции кислотно-щелочного равновесия внутренней среды; **5.** участвуют в свертывании крови; **6.** участвуют в иммунных реакциях.

**Очень удобная форма эритроцита для переноса газов –
двояковогнутый диск!**



Характеристика эритроцитов

- Форма эритроцита - двояковогнутый диск выгодна для переноса газов. За счет этого увеличивается диффузионная поверхность и уменьшается диффузионное расстояние.
- По размерам различают - нормоциты, микро- и макроциты.
- Основной компонент э. - **гемоглобин (Hb)**, который состоит из железосодержащих групп (гем) и белкового остатка (глобин).
- В норме у мужчин содержится 130-160 г/л Hb, у женщин - 120-140 г/л.
- **Физиологические соединения гемоглобина**
 1. Оксигемоглобин (HbO₂)
 2. Дезоксигемоглобин (Hb, отдавший O₂ тканям)
 3. Карбогемоглобин (HbCO₂)
- **Патологические соединения -**
 1. карбоксигемоглобин (Hb, связанный с угарным газом, HbCO), прочное соединение молекулы Hb с окисью углерода;
 2. метгемоглобин (под действием сильных окислителей железо из двухвалентного превращается в трехвалентное).

Эритропоэз

- ✓ Это процесс образования эритроцитов.
- ✓ Эритроциты образуются в **костном мозге** - в эпифизах трубчатых и полости губчатых костей.
- ✓ Основной фактор, стимулирующий эритропоэз - это **недостаточное содержание кислорода в тканях** (гипоксия).
- ✓ В регуляции эритропоэза важную роль играют **гормоны** и биологически активные вещества.
- ✓ Первой морфологически распознаваемой клеткой эритроидного ряда, образующейся из КОЕ-Э (предшественница эритроидного ряда), является проэритробласт, из которого в ходе 4-5 последующих удвоений и созревания образуется 16-32 зрелые эритроидные клетки.

ЭРИТРОПОЭЗ

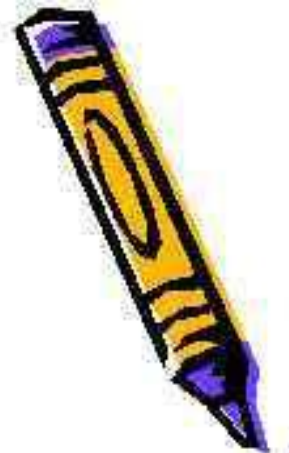
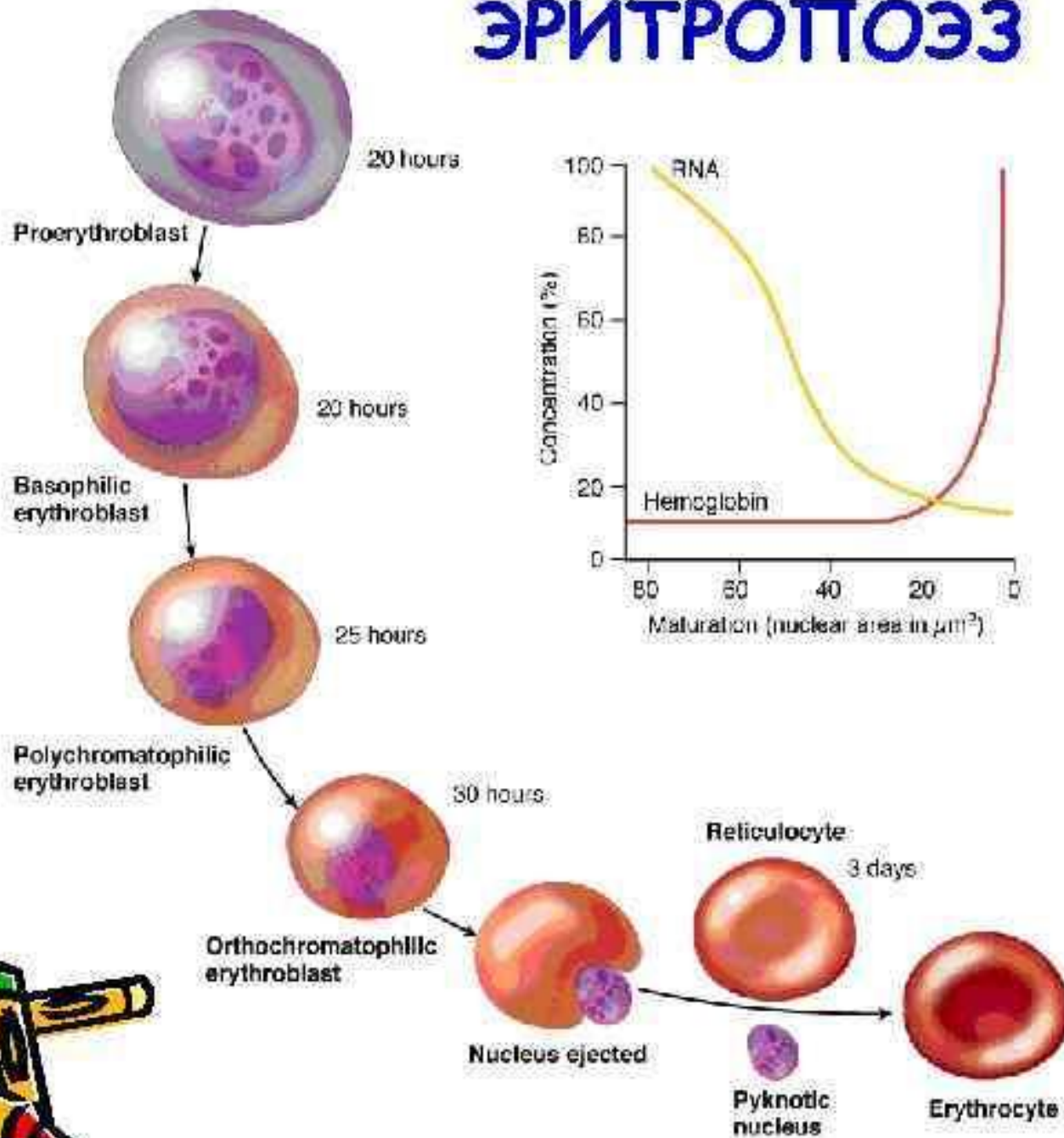
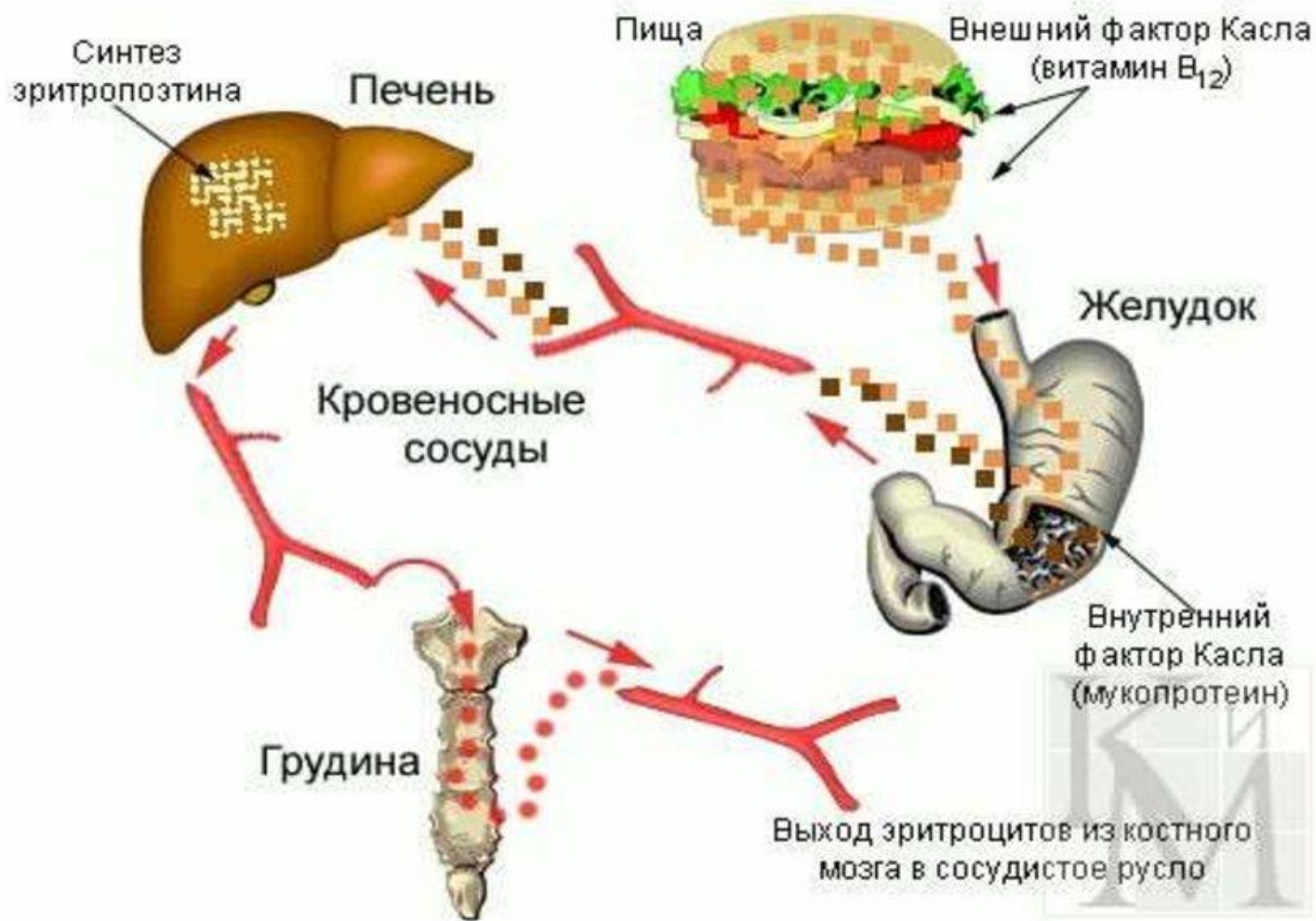


Схема эритропоэза



- ✓ Гуморальным регулятором эритропоэза является гормон эритропоэтин. Основным источником его у человека являются почки - в них образуется до 85-90% гормона.
- ✓ Эритропоэтин усиливает пролиферацию всех способных к делению эритробластов и ускоряет синтез гемоглобина во всех эритроидных клетках.
- ✓ Из костного мозга в кровь поступают ретикулоциты, в течение суток созревающие в эритроциты.
- ✓ По количеству ретикулоцитов в периферической крови судят об интенсивности эритропоэза.

Эритропоэз

Для нормального осуществления эритропоэза необходимы:

Витамин B_{12} . Является внешним фактором Касла, который всасывается в кишечнике при наличии внутреннего фактора Касла - мукопротеида с м.в. 5000 - 40000, образуемого добавочными клетками желудка. B_{12} участвует в синтезе гемоглобина.

Фолиевая кислота. Необходима для синтеза нуклеиновых кислот и гемоглобина.

C - аскорбиновая кислота участвует в обмене железа, увеличивая его всасывание в ЖКТ.

B_6 - пиридоксин синтез гема.

B_2 - рибофлавин. Необходим для образования мембраны эритроцита.

При недостатке - нарушение синтеза жирных кислот, необходимых для построения мембраны эритроцита.

Для сохранения фосфолипидных структур мембраны необходимы витамины антиоксиданты (E, PP).

Характеристика лейкоцитов

- В норме у здорового человека в одном литре крови содержится $4 \cdot 10^9$ - $9 \cdot 10^9$ лейкоцитов.
- Увеличение их числа называется **лейкоцитозом**, уменьшение - **лейкопенией**.
- После выхода из костного мозга лейкоциты в течение нескольких часов циркулируют в сосудистом русле. Затем проходят через стенку капилляров и расселяются по тканям, где могут находиться в течение многих дней.
- **Функции лейкоцитов - захват и переваривание бактерий (фагоцитоз), они обеспечивают специфический гуморальный и клеточный иммунитет.**
- Комплекс всех фагоцитов крови и тканей называется **моноклеарной фагоцитирующей системой (МФС)**. Среди них различают сравнительно небольшие клетки - **микрофаги** (например, нейтрофилы) и большие - **макрофаги** (моноциты и их тканевые потомки).

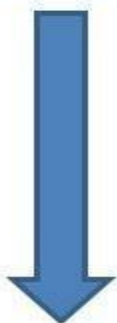
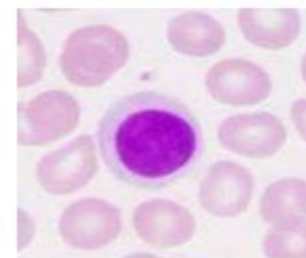
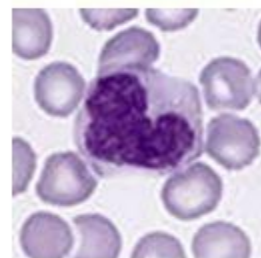
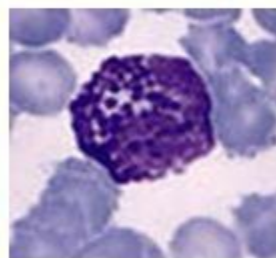
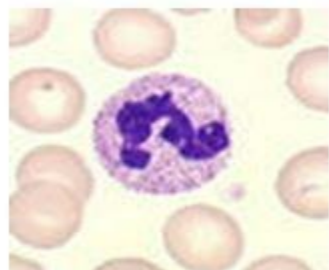
Физиологический лейкоцитоз

- Повышение количества лейкоцитов у здорового человека называют **физиологическим лейкоцитозом**. Различают следующие его виды:
 - ✓ **Пищевой** - возникает после приёма пищи (поэтому общий анализ сдают в состоянии натощак);
 - ✓ **Миогенный** - наблюдается после выполнения тяжелой мышечной работы;
 - ✓ **Эмоциональный** - при любом эмоциональном раздражении (стрессе);
 - ✓ **При беременности** - большое количество лейкоцитов скапливается в подслизистом слое матки.
 - ✓ **Физиологический лейкоцитоз** в отличие от патологического не связан с повышением лейкопоэза (образования лейкоцитов). При нагрузках на организм (мышечных, эмоциональных и др.) происходит выброс крови из органов-депо, и на какое-то время увеличивается их содержание в крови. Поэтому эти виды лейкоцитов называют **перераспределительными**.

Лейкоцитарная формула

- Процентное соотношение разных видов лейкоцитов называют лейкоцитарной формулой.
- По строению лейкоциты делят на 2 группы:
 1. **гранулоциты** (зернистые) в цитоплазме которых есть гранулы: это нейтрофилы (46-76%), эозинофилы (1-5%), базофилы (0-1%);
 2. **агранулоциты** (незернистые), они не имеют гранул, большую часть клеток занимает ядро.
К ним относят: лимфоциты (18-40%) и моноциты (2-10%).

Разновидности лейкоцитов



Нейтрофилы

Эозинофилы

Базофилы

Моноциты

Лимфоциты

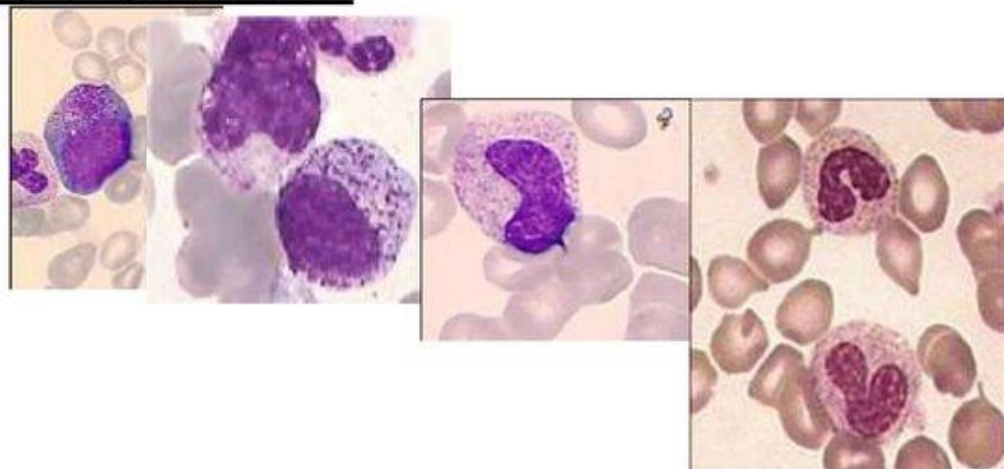
Лейкоцитарная формула здорового человека (в %)

Гранулоциты					Агранулоциты	
Нейтрофилы			Базо- филы	Эозино- филы	Лимфо- циты	Моно- циты
юные	палоч- коядер- ные	сегмен- тоядер- ные				
0-1	1-5	45-65	0-1	1-5	25-40	2-8

Сдвиг влево лейкоцитарной формулы

Появление в лейкоцитарной формуле молодых форм нейтрофилов:

- промиелоцитов,
- миелоцитов,
- метамиелоцитов,
- палочкоядерных



Сдвиг влево ← Сдвиг вправо →

Базо- филы	Эозино- филы	Нейтрофилы				Лимфо- циты	Моно- циты
		Миело- циты	Юные	Палочко- ядерные	Сегменто- ядерные		
0—1% или 0— $0,088 \times 10^9 / л$	0,5—5,0% или 0,020— $0,440 \times 10^9 / л$	0%	0%	2—4% или 0,080— $0,350 \times 10^9 / л$	47—67% или 2,000— $5,900 \times 10^9 / л$	25—35% или 1,000— $3,000 \times 10^9 / л$	2—6% или 0,080— $0,530 \times 10^9 / л$

Сдвиг лейкоцитарной формулы вправо

Увеличение количества «старых»
нейтрофилов (сегментоядерных).

1. у здоровых людей, проживающих на территориях, загрязненных радиационными отходами.
2. при В12 – дефицитной анемии,
3. при недостатке фолиевой кислоты,
4. у людей с хронической болезнью легких, или с обструктивными бронхитами.

Индекс регенерации

- Индекс регенерации (ИР) выражает соотношение молодых форм **нейтрофилов** к старым.
- К молодым относят: **миелоциты** (М), **юные** (Ю), **палочкоядерные** (П).
- Старые (или зрелые) нейтрофилы - **сегментоядерные** (С).
- Индекс регенерации (ИР) у здоровых лиц составляет 0,065.
- Если в лейкоцитарной формуле число молодых нейтрофилов, по отношению к старым, повысилось, (ИР больше 0,065), то говорят о **сдвиге лейкоцитарной формулы влево**, т.е. **повышении лейкопоза** (образование лейкоцитов в костном мозге).
- **Сдвиг вправо** означает увеличение содержания в крови старых нейтрофилов по отношению к молодым и свидетельствует о **понижении лейкопоза**.

Функции отдельных видов лейкоцитов

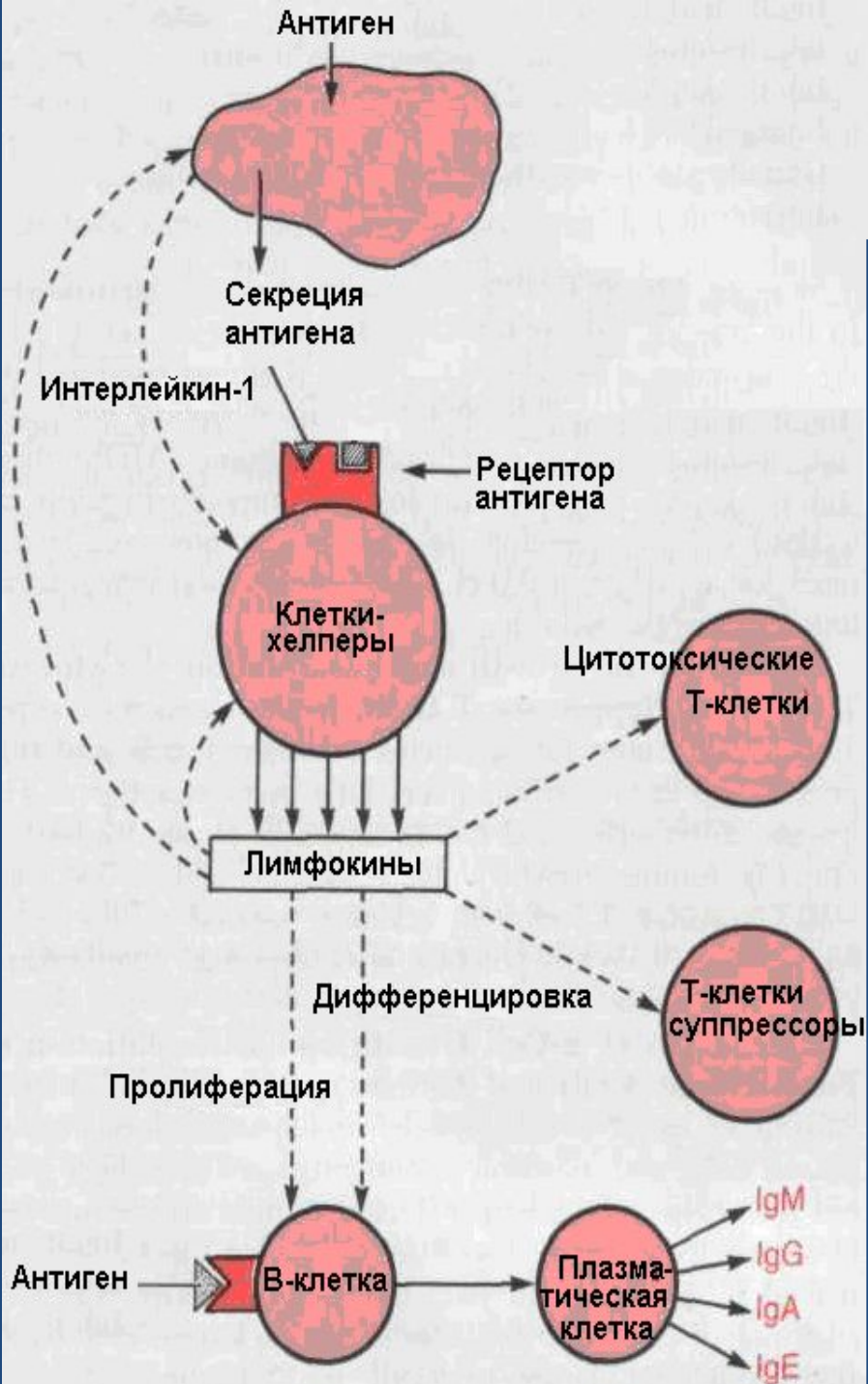
- **Нейтрофилы** - обеспечивают защиту организма от инфекционных агентов. Эти клетки захватывают патогенные бактерии и переваривают их (фагоцитоз). Также они вырабатывают противомикробные (лактоферрин) и противовирусные (интерферон) вещества. Участвуют в регенерации тканей.
 - **Эозинофилы** - их число повышается при аллергических реакциях, глистах у детей. При аллергиях они удаляют избыточный гистамин. Эозинофилы обладают фагоцитарной активностью, препятствуют развитию воспаления и аллергических реакций.
 - **Базофилы** принимают участие в формировании воспалительных и аллергических реакций (их называют «скорой помощью» при укусах ядовитых насекомых и змей).
- ✓ В гранулах этих клеток содержатся гистамин и гепарин.
- ✓ Базофилы поддерживают кровоток в мелких сосудах, регулируют рост новых капилляров (в целом способствуют улучшению кровоснабжения ткани).



Функции лимфоцитов

- Лимфоциты - это главные клетки иммунной защиты. Они участвуют в реакциях антимикробного и клеточного иммунитета, обеспечивающего уничтожение мутировавших клеток.
- **T-лимфоциты**: 1) служат основным эффектором клеточного иммунитета (киллеры), 2) регулируют выраженность иммунного ответа (супрессоры), 3) обеспечивают узнавание "чужого";
- **B-лимфоциты**: 1) осуществляют синтез антител (превращаясь в плазматические клетки), 2) обеспечивают иммунную память, 3) участвуют в реакциях клеточного иммунитета (B-киллеры, B-супрессоры).

Схема образования антител



- Синтез антител (иммуноглобулинов) плазматическими клетками происходит в лимфоидных органах.
- Могут синтезироваться несколько типов иммуноглобулинов: IgM, IgG, IgA, IgD, IgE. Они имеют разную массу и обладают разной способностью соединяться с антигеном и нейтрализовать его. У здорового человека 75% антител - IgG.

Лимфоидные органы

- В этих органах образуются и обучаются лимфоциты:
 - ✓ 1. Костный мозг (место образования)
 - ✓ 2. Центральные лимфоидные органы (тимус, лимфоидная ткань по ходу пищеварительного тракта). В них происходит обучение (дифференцировка) лимфоцитов.
 - ✓ 3. Периферические лимфоидные органы (лимфатические узлы, селезенка)

Функция тимуса

- Вилочковая железа является не только местом созревания Т-лимфоцитов, но и регулятором иммунитета.
- Тимус активный эндокринный орган, синтезирующий ряд гормонов, обеспечивающих регуляцию клеточного гомеостаза и иммунную защиту от бактериальных агентов.
- Среди большого количества биологически активных соединений его, можно выделить некоторые, гормональная активность которых установлена - тимозин, тимусный гуморальный фактор, тимопоэтины I и II.

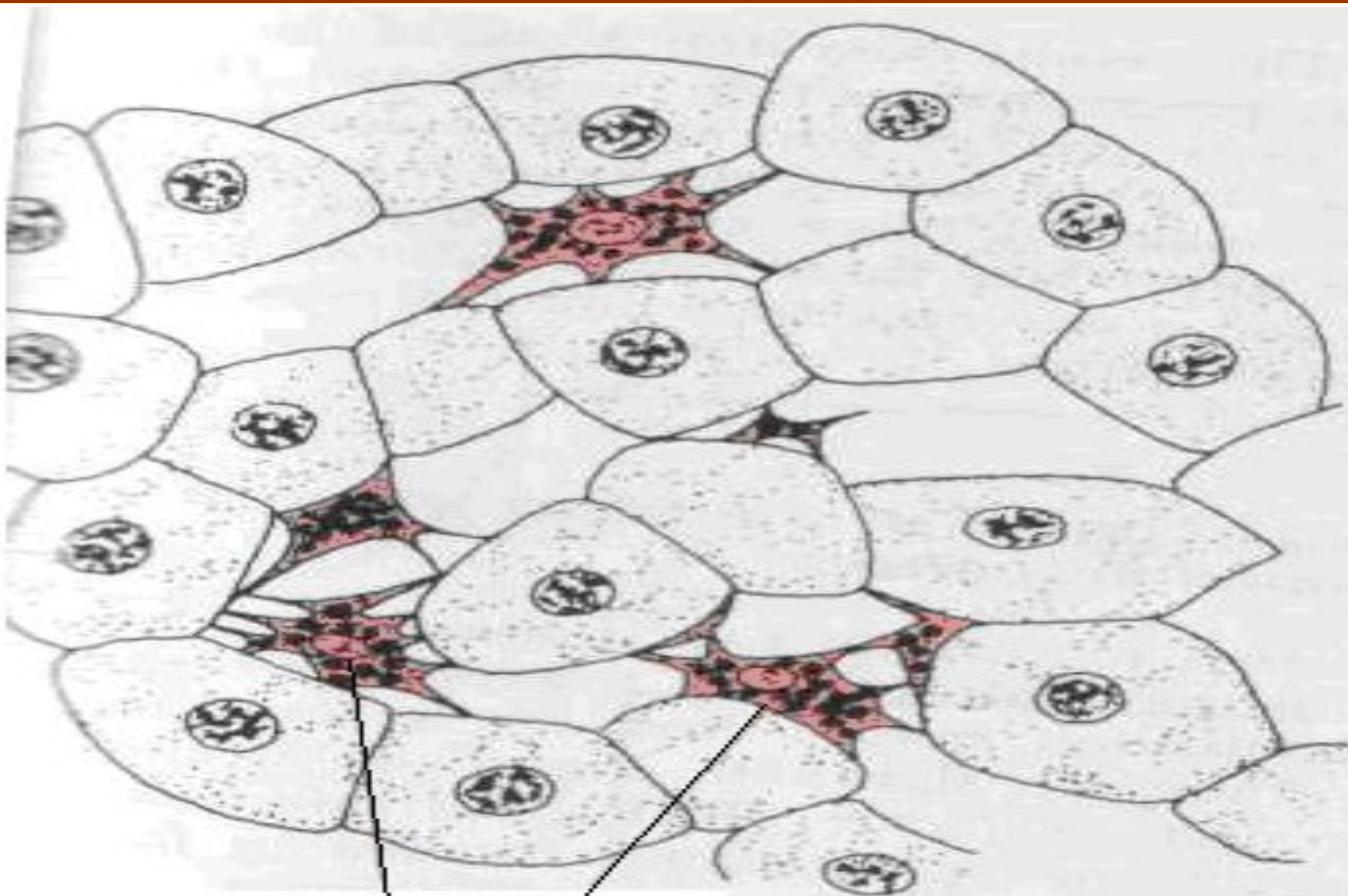
Как меняется активность тимуса с возрастом?

- Вилочковая железа проявляет наиболее высокую активность в детском и подростковом возрасте. Но уже в период от 20 до 50 лет количество лимфоцитов в тимусе и его гормональная активность постепенно уменьшаются.
- К 60 годам из мозгового вещества тимуса могут совсем исчезать клетки, синтезирующие тимозины.
- У женщин тимус инволюционирует медленнее, чем у мужчин.

Функции моноцитов

- **Моноциты** - их в организме не так много (8-10%), но они выполняют крайне важную функцию **фагоцитоза**.
- После непродолжительной циркуляции в кровяном русле (20-40 часов) они перемещаются в ткани, где превращаются в гигантские фагоцитирующие клетки - **макрофаги** (один макрофаг может «сожрать» до 100 микробов).
- Макрофаги способны уничтожать клетки, так же как нейтрофилы, и держать на своей поверхности чужеродные белки, на которые реагируют лимфоциты.
- Данные клетки оказывают также **цитотоксическое** действие на злокачественные образования.
- Кроме того, моноциты вырабатывают **интерферон** (противовирусный фактор), что способствует повышению иммунитета и улучшению защитных функций организма.

Макрофаги среди печеночных клеток



Купферовские клетки

Регуляция кроветворения макрофагами

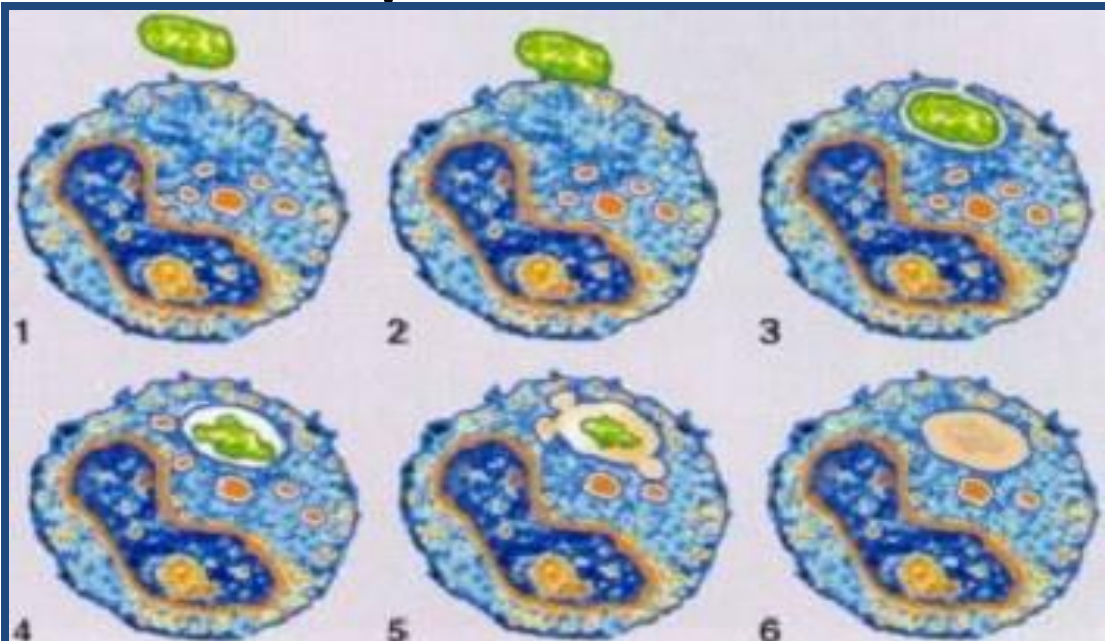
- Система макрофагов играет важную роль также и в регуляции процессов кроветворения, образуя различные **интерлейкины (ИЛ)**. В общей сложности моноциты секретируют более 100 биологически активных соединений.
- Развитие каждого ростка кроветворения происходит под влиянием специфических факторов, среди которых можно выделить:
- **эритропоэтин (ЭП)**, который способствует образованию эритроцитов;
- **колониестимулирующий фактор моноцитов (М-КСФ)**;
- **гранулоцитарные колонии (Г-КСФ)** - стимулируют образование гранулоцитов;
- **ИЛ-2, ИЛ-4**, способствуют образованию лимфоцитов.

Фагоцитоз и его стадии

- **Фагоцитоз** - это разновидность клеточного иммунитета, который характеризуется распознаванием, поглощением и перевариванием фагоцитами различных чужеродных объектов.
- Способностью к фагоцитозу обладают **микрофаги (нейтрофилы)**, и **макрофаги (моноциты)**.
- **Стадии фагоцитоза:**
 - I - приближение фагоцита к объекту фагоцитоза (хемотаксис);
 - II - аттракция - распознавание и прикрепление фагоцита к объекту фагоцитоза
 - III - поглощение объекта фагоцитом - последовательный охват частицы псевдоподиями со всех сторон и погружение ее в цитоплазму фагоцита; в результате формируется **фагосома**, содержащая чужеродную частицу.
 - IV - умерщвление жизнеспособных объектов (стадия киллинга);
 - V - переваривание объекта за счёт лизосомальных ферментов.



фагоцитоз

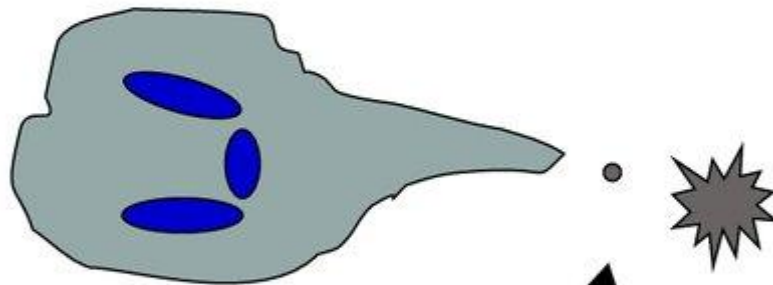


Илья Мечников - русский учёный, автор фагоцитарной теории иммунитета, в 1908 году удостоен Нобелевской премии за открытие фагоцитоза

ФАГОЦИТОЗ

ФАЗЫ ФАГОЦИТОЗА

- 1. Хемотаксис или движение к объекту
- 2. Аттракция или прилипание к объекту
- 3. Поглощение объекта, образование фагосомы
- 4. Образование фаголизосомы, лизис или переваривание объекта



Фактор хемотаксиса

Иммунитет и его виды

- **Иммунитет** - это невосприимчивость организма к инфекционным и неинфекционным агентам и веществам, обладающим чужеродными антигенными свойствами.
- Иммунитет бывает **врожденным** (он же неспецифический) и **приобретенным** (он же адаптивный, или специфический).
- Неспецифический иммунитет одинаков у всех людей, он однотипно реагирует на любых «врагов» и не формирует иммунологическую память.
- **Специфическому** иммунитету нужно время, чтобы изучить проникшую в организм инфекцию, поэтому реакции при первом контакте с инфекцией развиваются медленнее, зато они более эффективные.
- Но самое главное, что, один раз уничтожив микроб, **иммунная система «запоминает»** его и в следующий раз при столкновении с таким же микробом реагирует гораздо быстрее, часто уничтожая его еще до появления первых симптомов заболевания.

Участие гормонов в регуляции иммунитета

- Гуморальная регуляция иммунитета осуществляется комплексом гормонов, а также биологически активных соединений, образующихся в самой иммунной системе.
- К регуляции иммунитета причастны **тропные гормоны гипофиза** (АКТГ, ТТГ, СТГ, пролактин и ряд других), **опиоидные пептиды мозга и надпочечников**, **глюкокортикоиды и катехоламины надпочечников**, **гормоны щитовидной железы**.
- Важную роль в регуляции иммунного ответа играют половые железы, гормональная активность которых существенно меняется в процессе онтогенеза.
- **Эстрогены** стимулируют фагоцитарную способность макрофагов, функцию В-клеток, ускоряют их дифференцировку.
- **Тестостерон** стимулирует миграцию клеток из тимуса, но подавляет другие иммунные реакции.

Тромбоциты



Количество - 180 - 360 ·
10⁹ тромбоцитов на литр.

Строение *самые мелкие клетки , даже не клетки, а своего рода осколки, безъядерные образования в виде кровяных пластин.*

Образуются *в красном костном мозге.*

Разрушаются *в печени, селезёнке, лёгких*

Срок жизни - *5 - 7 дней*

Функции - *Обычно тромбоциты, располагающиеся вдоль сосудов, образуют внутренний защитный чехол. В случае травмы, пореза или раны тромбоциты останавливают кровотечение.*

Подробнее об этом на следующем занятии.

Успехов Вам!!!



УРА! КОНЕЦ УРОКА